

Aderência entre Betão Húmido e Resinas Epoxídicas

J. Barroso de Aguiar

*Professor Associado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho
e-mail: aguiar@eng.uminho.pt*

Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

Resumo

As resinas epoxídicas têm actualmente muita aplicação na reparação e na colagem de elementos de betão. A justificação para essa crescente utilização tem a ver com a excelente aderência que apresentam nas ligações betão endurecido-betão endurecido, betão endurecido-betão fresco e betão endurecido-materiais metálicos. No entanto, a aderência decresce quando o substrato está húmido. A incorporação de uma carga mineral no sistema epoxídico permite a obtenção de uma boa aderência, mesmo quando o betão está húmido no momento da colagem. Neste estudo, a aderência foi determinada com ensaios de tracção directa. Os resultados permitem avaliar a influência do tipo, granulometria e quantidade de carga mineral no comportamento de colagens betão endurecido-betão endurecido. A influência da espessura da junta foi igualmente avaliada. A apresentação dos resultados efectua-se de acordo com um método de optimização quadrática que tem em conta a tensão e o modo de rotura.

1 Introdução

Os polímeros podem utilizar-se em reparações e colagens de estruturas de betão. As resinas epoxídicas apresentam muitas vantagens relativamente a outros polímeros. De acordo com MENDIS (1987) e ACI (1990), as propriedades das resinas epoxídicas são:

- boa aderência ao betão (endurecido ou fresco);
- boa aderência a metais como por exemplo ao aço;
- baixa retracção;
- ausência de subprodutos durante a cura;
- possibilidade de endurecer tanto a baixas como a altas temperaturas;
- possibilidade de endurecer em ambiente húmido e mesmo debaixo de água;
- boa resistência química;
- possibilidade de serem formuladas com baixa ou elevada viscosidade.

No entanto, apresentam algumas propriedades negativas tais como o comportamento térmico e a aderência a substratos húmidos. A diminuição da aderência neste último caso é um problema, referido por exemplo em FIP (1991) e LCPC (1996). Existe a possibilidade de formular resinas epoxídicas com aderência a substratos húmidos, mas recomenda-se que o aplicador trabalhe em permanente contacto com o fabricante, porque estes materiais são relativamente novos e não há grande experiência quanto à sua utilização .

No nosso estudo utilizámos resinas epoxídicas normais com cargas minerais. Determinámos a sua aderência a betão húmido. A influência do tipo, da granulometria e da quantidade de cargas minerais foi estudada. Assim como, a influência da espessura da junta.

2 Materiais e métodos

Efectuámos ensaios de tracção de acordo com a norma AFNOR P 18-871 (1993). O betão tinha 90 dias no momento das colagens e os ensaios de compressão que efectuámos mostraram que podia classificar-se como um C25/30, de acordo com a norma CEN ENV 1992-1-1 (1991). Para minimizar, ou anular, o efeito de

heterogeneidades pontuais na junta de resina epoxídica, utilizámos prismas $14 \times 9 \times 30 \text{ cm}^3$.

A aplicação das resinas epoxídicas efectuou-se nas superfícies de betão com 420 cm^2 escovadas e húmidas. Utilizando outro prisma $14 \times 9 \times 30 \text{ cm}^3$, obtivemos o prisma final $14 \times 18 \times 30 \text{ cm}^3$ (Fig. 1). A espessura das juntas obteve-se com a ajuda de quatro placas metálicas com as dimensões $10 \times 50 \times t \text{ mm}^3$, colocadas nos cantos dos prismas.

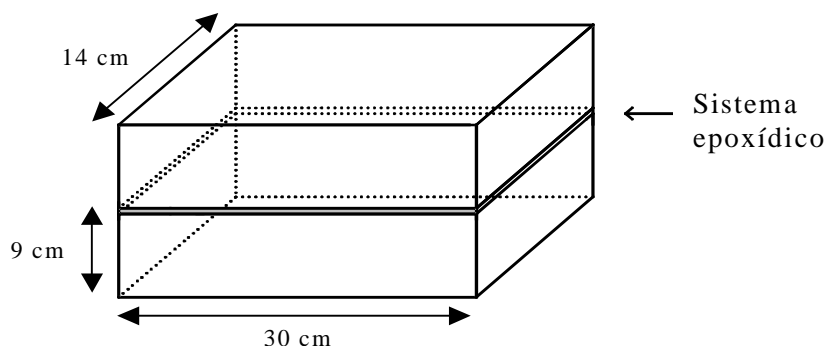


Figura 1 – Provetes prismáticos resultantes da colagem de dois prismas de betão.

Decorridos 28 dias após a colagem, carotaram-se do prisma, cilindros com 8 cm de diâmetro e 16 cm de altura (Fig. 2), para os ensaios de tracção. Em seguida colaram-se peças metálicas nos cilindros para possibilitar a ligação à máquina de tracção.

Duas resinas epoxídicas foram utilizadas, resina A (com um endurecedor à base de poliamina alifática) e resina X (com um endurecedor à base de uma mistura de aminas cíclicas e álcool benzílico). Os modos de rotura podem classificar-se em quatro tipos [7, 8] (Fig. 3). Estudámos a variação da aderência com o tipo, a granulometria e a quantidade de carga mineral incorporada no sistema epoxídico. Utilizaram-se quatro granulometrias diferentes de uma carga calcária e de uma carga siliciosa (Tabela 1).

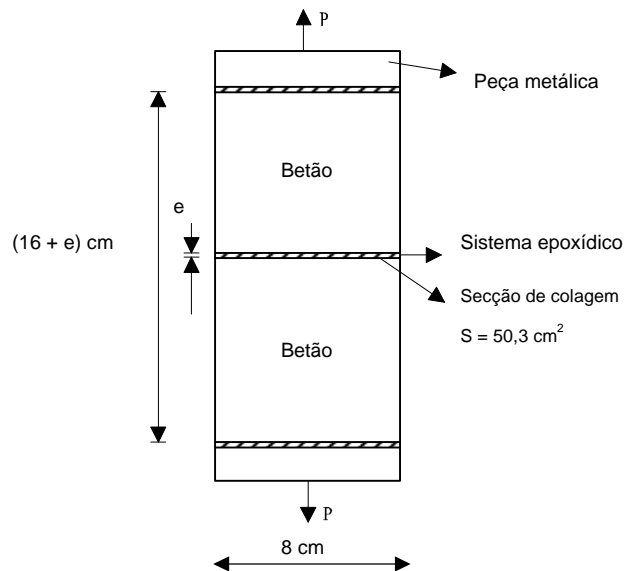


Figura 2 – Provete cilíndrico betão-sistema epoxídico-betão.

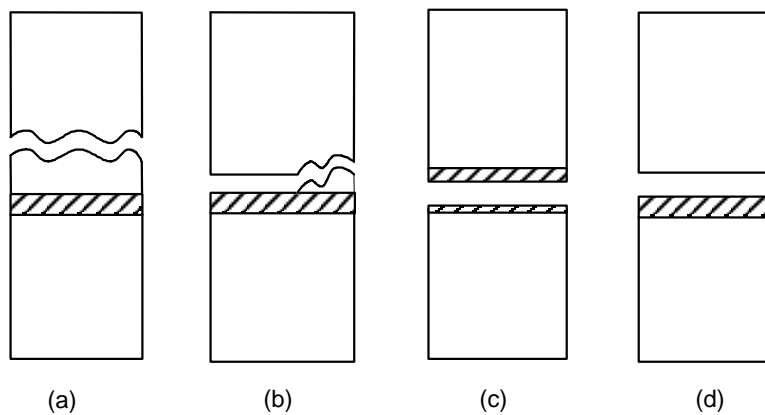


Figura 3 – Modos de rotura: (a) Tipo I: rotura coesiva no betão, (b) Tipo II: rotura mista betão-sistema epoxídico, (c) Tipo III: rotura coesiva no sistema epoxídico, (d) Tipo IV: descolagem.

Tabela 1 - Superfícies específicas das cargas minerais.

Tipo de carga mineral	Referência	Superfície específica (cm ² /g)
Calcária	Ultrafina	53000
	Fina	44000
	½	35000
	2	5000
Siliciosa	1	22150
	Ultrafina	16175
	Fina	13619
	2	5078

O primeiro problema com que nos deparámos quando da mistura de uma carga mineral com uma resina epoxídica, foi o da existência de uma quantidade máxima incorporável. Para as resinas A e X essas quantidades são as apresentadas na Tabela 2. Tal como mostrámos num trabalho anterior, AGUIAR (1993), a quantidade máxima incorporável diminui com a finura da carga mineral. O tipo de resina epoxídica também influencia essa quantidade.

Tabela 2 - Quantidades máximas incorporáveis.

Tipo de resina epoxídica	Tipo de carga mineral	Referência	Quantidade máxima incorporável (%)
A	Calcária	Ultrafina	54
		Fina	57
		½	58
		2	61
	Siliciosa	1	43
		Ultrafina	50
		Fina	52
X	Calcária	2	57
		2	57
	Siliciosa	Ultrafina	59
		Fina	63
	Siliciosa	Ultrafina	51
		Fina	54

3 Resultados e discussão

Efectuámos duas séries de ensaios. Na primeira série todos os provetes tinham uma junta com 0,6 mm de espessura. As figuras 4 a 9 apresentam gráficos com os resultados dos ensaios de tracção relativos a esta primeira série. Os gráficos das duas primeiras figuras apresentam a aderência em função da dosagem de carga mineral. Os restantes gráficos apresentam a % de roturas coesivas no betão e também a aderência. Cada ponto dos gráficos representa a média de três provetes.

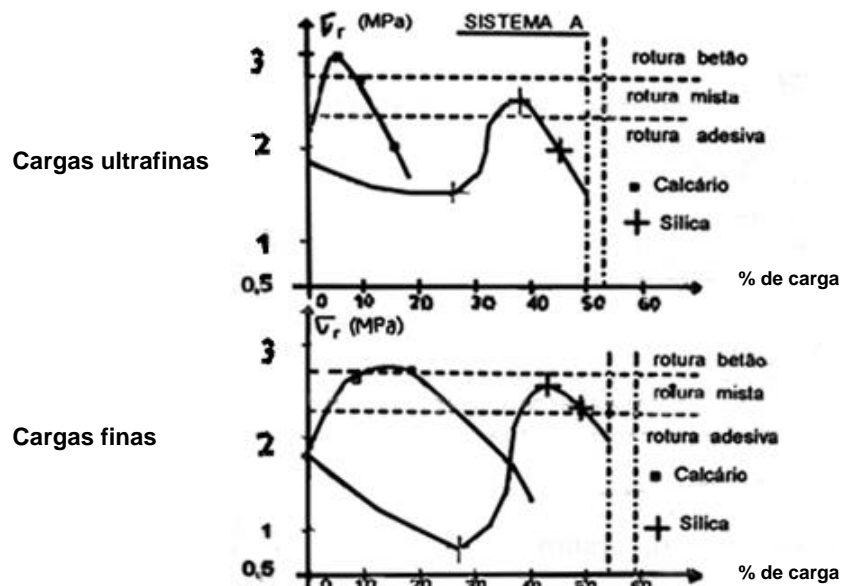


Figura 4 - Variação da aderência com a percentagem de carga mineral incorporada (Resina epoxídica A).

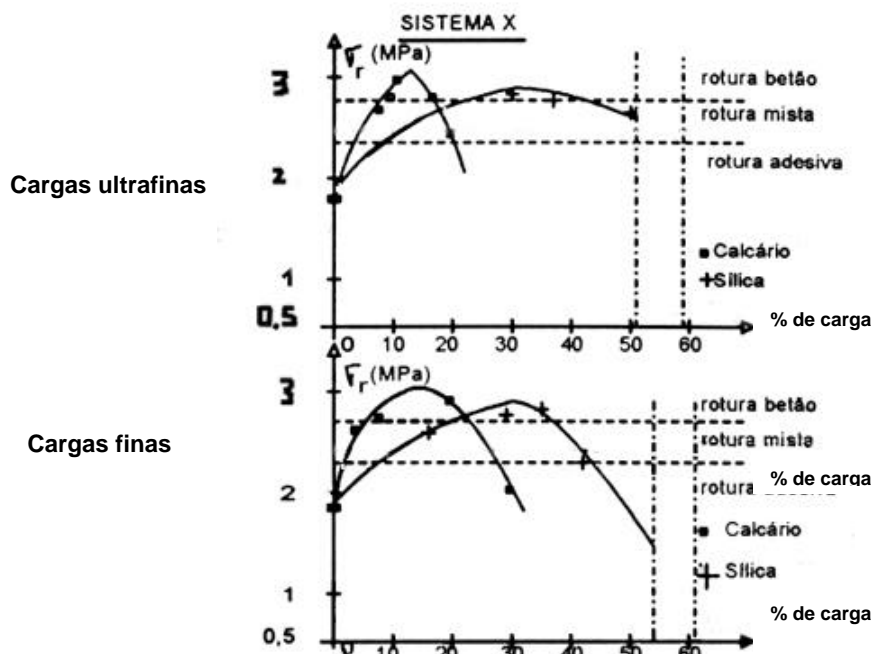


Figura 5 - Variação da aderência com a percentagem de carga mineral incorporada (Resina epoxídica X).

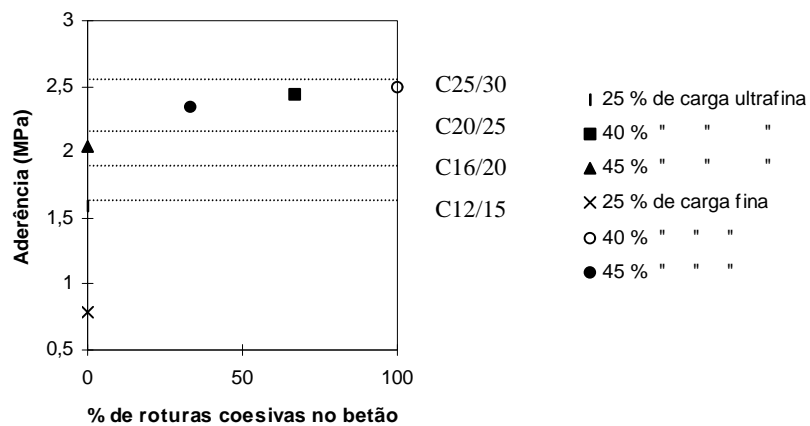


Figura 6 - Variação da aderência e do tipo de rotura com a granulometria da carga siliciosa (Resina epoxídica A).

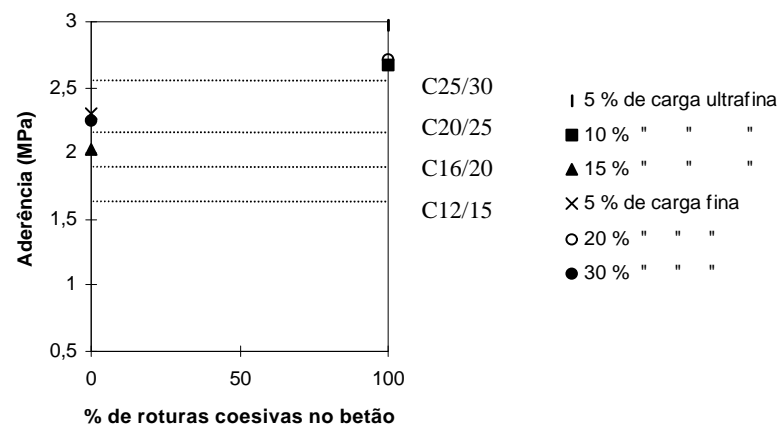


Figura 7 - Variação da aderência e do tipo de rotura com a granulometria da carga calcária (Resina epoxídica A).

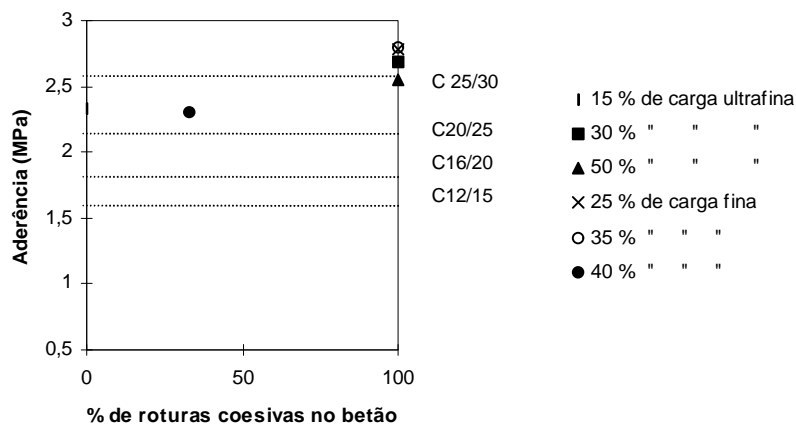


Figura 8 - Variação da aderência e do tipo de rotura com a granulometria da carga siliciosa (Resina epoxídica X).

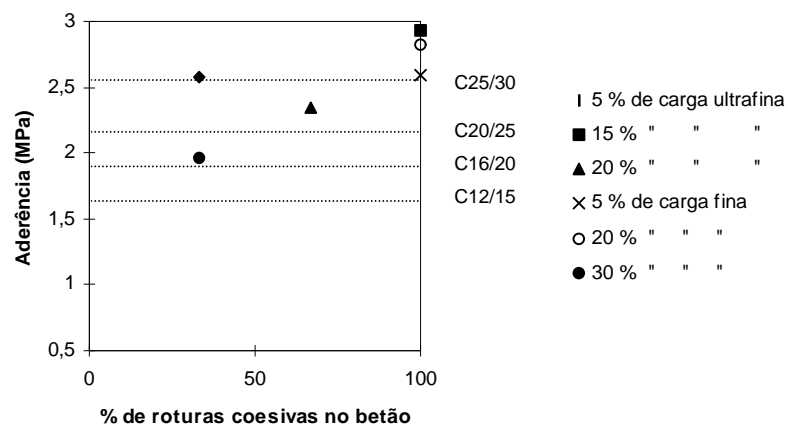


Figura 9 - Variação da aderência e do tipo de rotura com a granulometria da carga calcária (Resina epoxídica X).

Na segunda série de ensaios apenas se utilizou a resina epoxídica A. A espessura das juntas variou entre 0,1 e 2 mm. As figuras 8 e 9 apresentam gráficos com os resultados relativos a esta série de ensaios.

No lado direito do segundo tipo de gráficos indicámos a resistência à tracção das diversas classes de betão consideradas na norma CEN ENV 1992-1-1 (1991). Apenas se indicam classes inferiores à que utilizámos nos nossos ensaios, C25/30. Quanto menos resistente for o betão maior será a percentagem de roturas coesivas no betão que obteremos com uma mesma cola. Em princípio, quando a aderência é superior à resistência do betão à tracção, a rotura ocorrerá no betão.

Analizando os resultados podemos dizer que a quantidade, a natureza e a granulometria da carga mineral influenciam a aderência entre betão húmido e sistema epoxídico. Para a resina A os melhores resultados obtêm-se com carga calcária e em pequenas quantidades (entre 5 e 20%). A resina X apresenta um melhor comportamento com maior quantidade de roturas coesivas no betão, com percentagens óptimas da ordem dos 15 % (carga calcária) e 30 % (carga siliciosa).

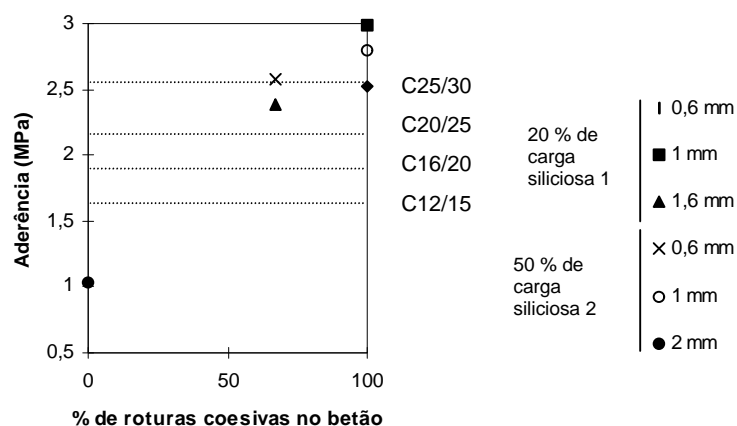


Figura 10 - Variação da aderência e do tipo de rotura com a espessura da junta (Resina epoxídica A).

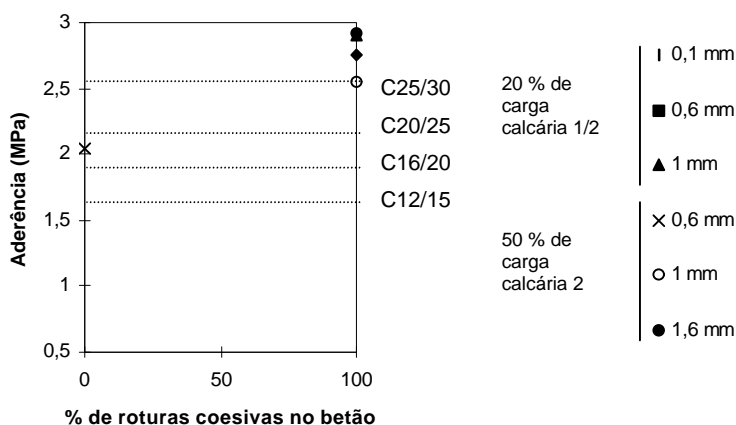


Figura 11 - Variação da aderência e do tipo de rotura com a espessura da junta (Resina epoxídica A).

Verifica-se (Figs. 4 e 5) que existe uma dosagem óptima de carga mineral que conduz a um máximo de resistência e aderência. Este óptimo varia segundo a natureza da carga mineral, a sua granulometria e o sistema epoxídico experimentado.

Relativamente aos resultados dos ensaios em que variámos a espessura da junta obtivemos uma quantidade elevada de roturas coesivas no betão. Apesar disso, podemos dizer que este parâmetro, também influencia, a aderência entre betão húmido e resinas epoxídicas.

4 Conclusões

Estudámos a aderência entre betão húmido e resinas epoxídicas. Os gráficos com apresentação da aderência e da percentagem de roturas coesivas no betão são mais vantajosos que outro tipo de gráficos. Para que a aderência entre betão húmido e resinas epoxídicas seja boa é muito importante a incorporação de uma carga siliciosa ou calcária. A quantidade e a granulometria da carga mineral influenciam a

aderência. Existe uma dosagem ótima de carga conduzindo a um máximo de aderência. A espessura da junta parece ser menos importante para a aderência. Com espessuras de aproximadamente 1 mm obtêm-se sempre boas aderências com os dois tipos de cargas utilizados. Para outras espessuras tanto podemos obter boas como más aderências.

5 Agradecimentos

O autor deseja agradecer ao “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris” o ter permitido efectuar este trabalho nas suas instalações.

6 Referências

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **AFNOR, P 18-871, Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique. Produits pour collage structural entre deux éléments en béton. Essai de traction directe sur cylindre scié et reconstitué.** Paris, 1993.

AGUIAR, J. B., **Essais d'adhérence des époxydes au béton hydraulique.** Materials and Structures, Vol. 26, 1993, pp. 90-97.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Use of epoxy compounds with concrete.** Reported by Committee 503, ACI, Michigan, 1990.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION. **CEN, ENV 1992-1-1, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings.** 1991.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAÎTE, FIP. **Repair and strengthening of concrete structures.** Reported by Commission on Practical Construction, Thomas Telford, London, 1991.

LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES, LCPC. **Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton,**

Guide technique, Paris, 1996.

MENDIS, P.. Commercial applications and property requirements for epoxies in construction, **Repair and rehabilitation of concrete structures**. Seminar Course Manual – 16, ACI, Michigan, 1987, pp. 241-247.

PAREEK, S. N., et al.. **Evaluation method for adhesion test results of bonded mortars to concrete substrates by square optimization method**. ACI Materials Journal, 92 (4), 1995, pp. 355-360.